

TÓTH BÉLÁNÉ

Műszaki rajzi ismeretek oktatása Európában a 19. században

Gaspard Monge ábrázoló geometriája 1795-ben jelent meg. A könyvnek jelentős szerepe volt a mai műszaki rajzi ismeretek kialakulásában. Monge az ábrázoló geometriával és az Ecole Polytechnique szorgalmazásával nyitott utat a műszaki tudományok tanításának bevezetése felé. A tantárgy és a műszaki középiskola gondolata gyorsan terjedt egész Európában.

William Farish, a Cambridge-i egyetem tanára, az izometrikus ábrázolást hozta létre. Géptervezéssel és vízgépeseti berendezésekkel foglalkozó könyveit tartják a mérnökképzés első tankönyveinek.

A vetületi és axonometrikus ábrázolás egymástól különböző értékeinek megítélése a 19. században a rajzi közlés szándékai szerint változott. A prezentáció a változás folyamatát mutatja be az oktatásban és a műszaki gyakorlatban.

A műszaki ábrázolás problémája évezredek óta keresztül az volt, hogy hogyan lehet a tárgyakat síkban ábrázolni, vagyis hogyan lehet a három dimenziót két dimenzióban egyértelműen leírni és ugyanakkor a tárgyak külső formáin kívül azok belső üregeit, részleteit, vagy belső szerkezeti elemeit is megjeleníteni. Göröngyös utat járt be a műszaki ábrázolás és gyakorlatilag igazi fejlődése csak az 1700-as évektől számítható, minthogy az ipari forradalom szükségszerű velejárója volt.

Bár a geometria az ókori görög tudósoknak köszönhetően igen magas szintre fejlődött, a középkorban a régi görögöknek szinte minden írása eltűnt. A középkori műszaki rajzokon hemzsegték a következtetlen próbálkozások és az ügyetlen megoldások, de egy-egy kiemelkedő tudós lendületet adott a rajzi megjelenítés fejlesztésének.

A 19. században Európában két különböző ábrázolási mód leírásával két rendkívüli tehetségű tudós, Franciaországban GASPARD MONGE, s vele egy időben Angliában WILLIAM FARISH adott hatalmas lendületet a rajzi ismeretek bővülésének.

A vetületi és axonometrikus ábrázolás egymástól különböző értékeinek megítélése a 19. században a rajzi közlés szándékai szerint változott. A tanulmány a változás folyamatát mutatja be az oktatásban és a műszaki gyakorlatban. A folyamat megértéséhez röviden a kezdeti fejlődés főbb állomásait is áttekintjük.

A GÖRÖG GEOMETRIA

Az, hogy az ókori Görögországban a geometria magas szintre fejlődött, elsősorban annak volt köszönhető, hogy a társadalom fontos tudománynak ismerte el. PLATÓN a jólétben élő tétlen arisztokraták osztályához tartozott, de az akadémia bejárata fölé azt vésette: „Ne engedj senkit átlépni e kapun, aki nem tudja a geometriát.”

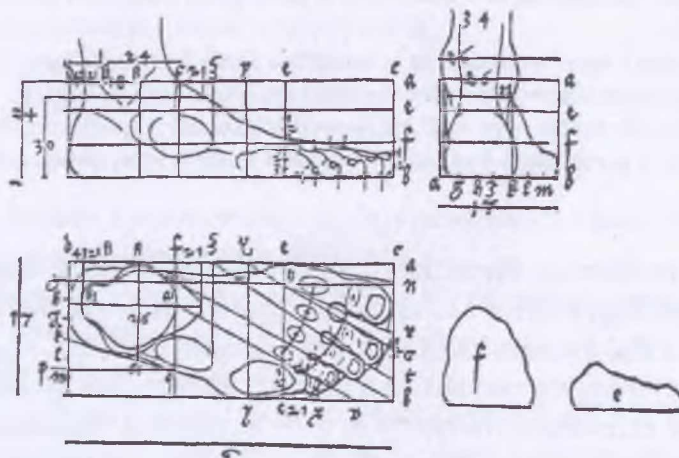
A vetítés elvét a pergai APOLLONIUSZNAK tulajdonítják, aki ARCHIMEDÉSZ mellett a legna-

gyobb görög geométer volt i.e. 250 körül. A vetítés legrégibb elképzelése az árnyékok tanulmányozásából eredt. Így ismerték fel a vetítés két formáját. Megkülönböztették az olyan árnyékokat, melyeket a nap párhuzamos sugarai és az olyanokat, melyeket egy pontszerű fényforrás (gyertyafény) hozott létre. Az egyiket később ortogonális (merőleges), a másikat centrális (középponti) vetítésként ismerték.

ÁBRÁZOLÁS TÖBB NÉZETBEN

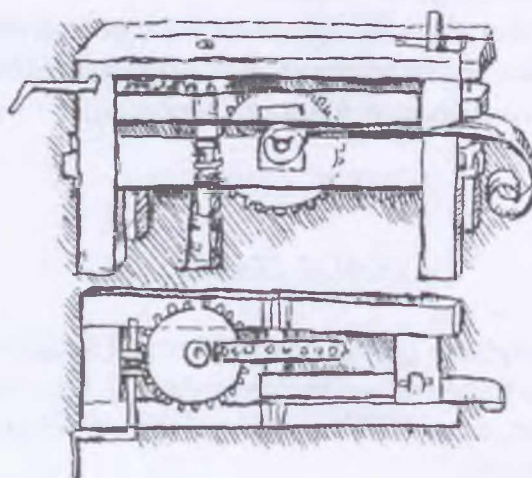
A többnézetű rajzok a különböző területeken egymástól függetlenül alakultak ki és fejlődtek. Az építészetben például akkor váltak szükségessé a minden részletet tartalmazó tervrajzok, amikor már bonyolultabb épületeket kezdtek építeni.

ALBRECHT DÜRER (1471-1528) összefüggő nézeteket alkalmazott, s tanulmányain egy-egy tárgyról három nézetet készített. Sajnos, rajzolási elvei nem jutottak el azokhoz, akiknek számára ezek a leggyümölcsözőbbek lehetnek volna. Az 1. ábrán látható rajzok arról tanúskodnak, hogy Dürer nagy érdeklődéssel fordult a geometriai problémák felé.⁶



1. ábra. Albrecht Dürer lábfej tanulmánya

LEONARDO DA VINCI (1452-1519) hengerlő gépről készített rajza szintén összefüggő nézetekből áll. Érdekes, hogy a művész nem tudott ellenállni a képies hatásoknak és mindkét nézetben alkalmazott mélységi dimenziót.¹⁰



2. ábra. Leonardo da Vinci rajza

Bár sokféle elmélet keletkezett az ábrázolásban, a geometria fejlődése a görög tudósok működése után csak Descartes korában kapott új lendületet. DESCARTES (1596-1650) megteremtette a geometria és az algebra kapcsolatát a koordinátagometria bevezetésével. Elsősorban síkbeli problémák leírására törekedett, de az x és y tengely mellett alkalmazott z tengely segítségével síkok leírása is lehetővé vált a térben. A koordinátarendszert már csak egy lépés választotta el a képsíktól.

Nem sokkal később, 1715-ben kiadott művében TAYLOR angol matematikus megadta, hogy a geometria alapjait, elveit miként lehet értékesíteni a műszaki rajzolásban.¹²

Szinte magától értetődik, hogy az ipari forradalom idején a rajzolási technikákat az építészettől vették át. AMÉDÉE FRANÇOIS FRÉZIER építész és hadmérnök, könyveiben találhatjuk az első példákat összefüggő tervrajzok és vetületek alkalmazására 1738 körül.³

MONGE ÁBRÁZOLÓ GEOMETRIÁJA

A műszaki ábrázolás történetében az egyik legérdekesebb könyv GASPARD MONGE *Ábrázoló geometriája*, amely 1795-ben jelent meg. Mivel a műszaki rajz az ábrázoló geometrián alapszik, így a könyvnek jelentős szerepe volt a mai műszaki rajz kialakulásában.

Monge abból indult ki, hogy *„Bármilyen tárgy felületét pontok alkotják, ezért az első feladat az, hogy pontot tudjunk térben ábrázolni. Minthogy a térnek nincsenek határai és a tér minden része hasonló, vagyis semmilyen különleges része nincs, ezért nem alkalmas egy pont helyzetének meghatározására.”* „Ahhoz, hogy a pontot a térben ábrázoljuk, a pont helyzetét a tér más, ismert helyzetű tárgyaihoz kell viszonyítani. Mindennapos használatra ezeknek a tárgyaknak a lehető legegyszerűbbeknek és legkönnyebben elképzelhetőeknek kell lenniük.”¹¹

Leírta, hogy legegyszerűbb a pont helyzetét a pontnak három egymásra merőleges síktól mért távolságaival megadni, ahogy korábban a koordinátagometriában is tették. „Az ábrázoló geometriában ezt tovább egyszerűsíthetjük és a kivetítés segítségével három sík alkalmazása helyett elegendőnek találunk két síkot. A pont vetítése egy síkra a pontból a síkra bocsátott merőlegessel definiálható.”¹¹

Monge felismerte, hogy Franciaország csak az ipar fellendítésével válhat rövid időn belül ipari országgá. Meggyőződése volt, hogy az ipari ismereteket azok fontosságának megfelelően oktatni kell. A nemzeti oktatás új tervein Monge-zaI együtt dolgozott LAVOISIER kémikus. Lavoisier 1794-ben guillotine-nal kivégezték, de Monge és kollégái: CARNOT, PRIEUR, FOURCREY megvalósították tervüket. Valószínűleg ez volt az első eset, hogy a kormány (ROBESPIERRE Közbiztonsági Tanácsa) tudósokat hívott segítségül az oktatásügy megmentésére. 1794-ben létrehozták az *Ecole Normale*-t, amely tanárképző intézmény volt. Először a tanárokat kívánták megfelelő tudással felvértezni, akik ismereteiket az oktatás során továbbadhatták.

Mivel Monge úgy látta, hogy a műszaki rajz növekvő szerepet játszik a tervezésben, ezért kiharcolta, hogy az *Ábrázoló geometria* az *Ecole Normale* és az ugyanakkor alapított *Ecole Polytechnique* tantárgya, s könyve tankönyv legyen. A könyv magában foglalta a kőfaragás és ács mesterség bizonyos ismereteit, de foglalkozott a gépek működési elvével is, tehát gépészeti ismeretekkel.

Monge az ábrázoló geometriával utat nyitott a műszaki tudományok tanításának bevezetése felé, melyhez hasonló törekvés akkor nem volt. A tantárgy és a műszaki középiskola gondolata gyorsan terjedt egész Európában.

A VETÜLETI ÁBRÁZOLÁS KIALAKULÁSA HAZÁNKBAN

A legrégebb magyar nyomok egyike BEREKSZÁSZI PÁL 1822-ben kiadott könyve². A testek két nézetben való ábrázolását - valószínűleg Monge ábrázolási rendszerének hatására - Beregszászi Pál így írta le: „Hogy tehát a testnek formájakat le lehessen rajzolni, szükséges azokat legalább két oldalról nézni. ... Az a rajz, melly a testnek oldalról való nézése szerint tevődik és oldalról való rajznak, fennálló rajznak neveztetik, a testnek magasságát, a másik rajz pedig, melly a testnek felyülről való nézése szerint tevődik és fundamentum rajznak neveztetik, a testnek szélességre és hosszúságra való kiterjedését adja elő.”²

Az ábrázolásnak ezzel a formájával azonban nem volt elégedett, szükségesnek tartotta a vetületi képek árnyékolását is: „Tehát ezen világos és setét részeket, mellyek a dolognak mintegy életet adnak, szükséges kiadni, hogy ez által a testeket másokkal is a magok természetes formájokban képzeltezhessük, mert ezek nélkül rajzolataink tsaknem egyformák, lapossak és egymástól megismerhetetlenek vólnának.”²

Mint látni fogjuk, az Angliában elterjedt axonometrikus rajzokon szintén alkalmaztak árnyékolást a térhatás fokozására. Figyelemreméltó, hogy Beregszászi Pál a vetületi ábrázolás mérettartását előnyösnek tartotta, de felismerte, hogy ezeknek a rajzoknak a megértése, olvasása nehézkes és az elképzelést célszerű valamilyen módon segíteni.

A vetületi rajzok megértését később valamelyest az is segítette, hogy a tárgyakról több nézési irányból készültek nézetek. SZABÓKY ADOLF könyvében már a három képsíkban való ábrázolással találkozhatunk.¹⁵

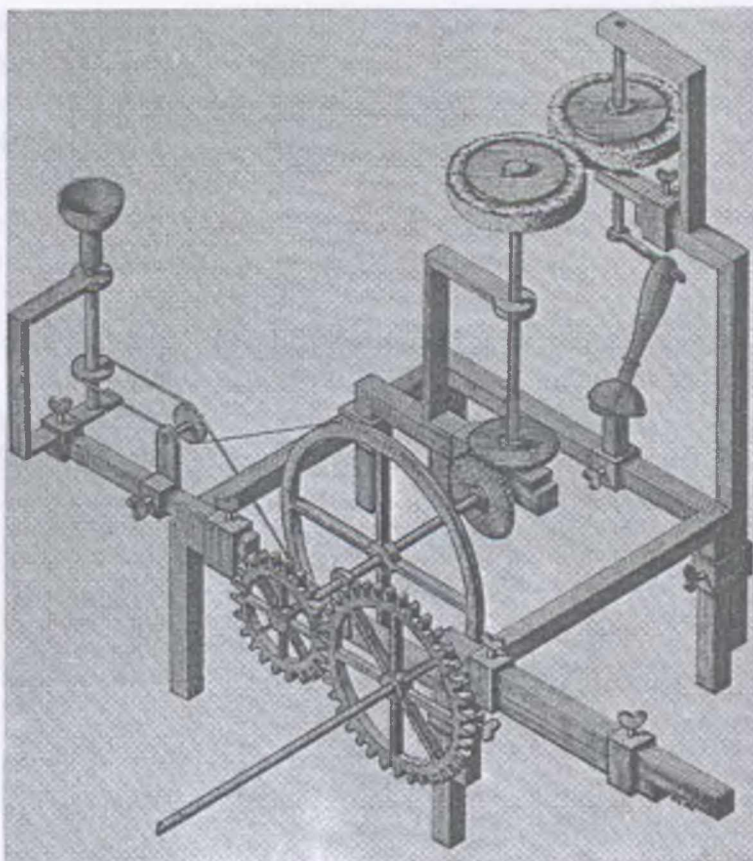
FARISH, AZ IZOMETRIKUS AXONOMETRIA FELTALÁLÓJA

William Farish, a Cambridge-i egyetem tanára, Monge kortársa volt. Műveit négy kötetben adták ki, melyek közül az utolsó kettő a géptervezéssel és vízgépészeti berendezésekkel foglalkozik. Ezeket a könyveket tartják a mérnökképzés első tankönyveinek.³

Farish előadásaihoz hatalmas szemléltető anyagot gyűjtött össze, mely kezdetben valóságos gépekből, szerkezetekből állt. Módszeréről azt írta: „A Cambridge-i egyetemen tartott előadásaimon Anglia szinte valamennyi üzemében használatos gépeket is bemutatom. Ezeknek a száma azonban olyan nagy és a gépek olyan sok helyet igényelnek, hogy elhelyezésük szinte megoldhatatlan. Ezért összeállítottam egy olyan rendszert, amely a gépészet alapvető elemeinek készletéből áll, s így a gépek működési elveinek bemutatására használható. Az elemek fémről készültek és belőlük tetszés szerint össze lehet állítani azt a gépet, amit be akarunk mutatni.” ... „A modellek szétszedhetők, az elemek újra felhasználhatók a következő előadás igényeinek megfelelően.”⁷ Különböző méretű, megfelelő szilárdságú keretek, tengelyek, kötőelemek, fogaskerekek stb. alkották a készletet.

„Minthogy a modellek csak rövid időre készülnek, nincs állandó alakjuk. Szükségessé vált, hogy a bemutatandó gépeket megrajzoljam, s így a rajzok segítségével tanársegédek önállóan össze tudták állítani a modelleket.”⁷

„Készíthettem volna a rajzokat merőleges vetítéssel is, de ez a módszer több problémát vet fel. Az ilyen rajz nem lenne érthető a gyakorlatlan szem számára, s még a rajzolónak is nagyon tökéletlenül mutatja meg azt, ami a legalapvetőbb, a gépek különböző részeinek kapcsolatát. Az ortografikus (merőleges) vetítés előnye a valódi méretek megmutatásában van.”⁷



3. ábra. Farish izometrikus rajza a teljesítményátvitel modelljéhez

„Az ábrázolásnak azt a formáját, amely ennek a tanulmánynak a témája, sokkal jobbnak talál-
tam a gépek bemutatásában. Ezért határoztam el, hogy megvizsgálom általános elveit és alkalmaz-
hatóságát a gyakorlatban.”

„Az izometrikus ábrázolás az egyenes vonalakat, melyek a három alapirányba mutatnak, ugyan-
olyan léptékben tünteti fel. Az ilyen vonalak által alkotott derékszögek a rajzon 60° -osak, vagy annak
pótszögei.”⁷

Amikor Farish gépeket és mechanizmusokat vizsgált, elsősorban a szerkezeti felépítés és a működés elve érdekelt. Mivel csak általános elvekkel törődött, a rajzolás nem is kapott helyet előadásában, teljesen ellentétben Monge-zsal, akinél a tananyagban a rajz volt a fő tantárgy. Ha Farish gyakorlatiasabb és több energiát fordított volna az izometrikus ábrázolás propagálásába, ahogyan Monge tette az ábrázoló geometriával, az izometrikus ábrázolás nagyobb szerepet játszhatott volna a mérnöki munkában, mint ahogy történt.

MŰSZAKI ÁBRÁZOLÁS A 19. SZÁZAD VÉGÉN ANGLIÁBAN

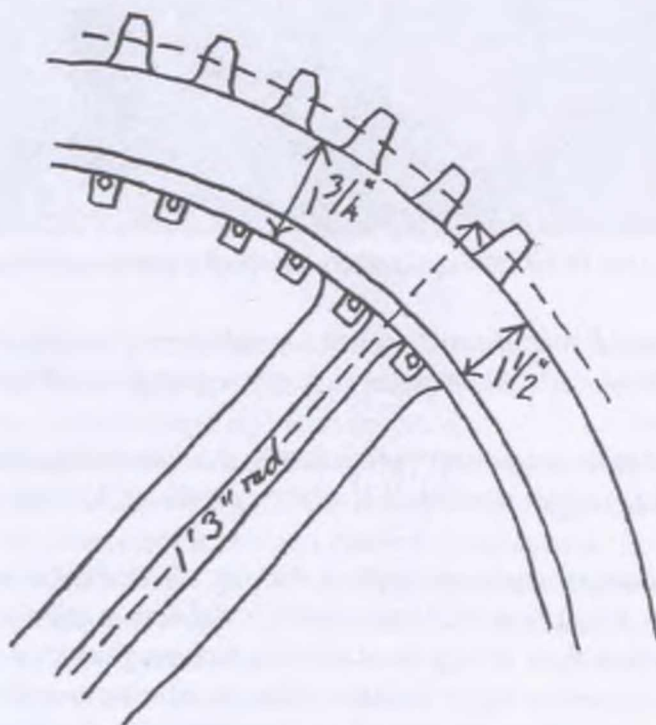
Mivel az ábrázolás szabályainak tanítása nem kapott helyet az oktatásban, a mesterek továbbra is szakmai titokként adták át utódaiknak rajzadási módszereiket. Így történt, hogy a rajzolás szabályai, megengedési jelölései szakmánként különbözőek lettek.

A. W. CUNNINGHAM skóciai tanár 1868-ban könyvet jelentetett meg az ábrázoló geometriáról. A könyv előszavában hangot adott türelmetlenségének, melyet az angolok Monge munkájával kapcsolatos közömbössége váltott ki. Felhívta a figyelmet az ábrázoló geometria fontosságára a technikai oktatásban és kampányt indított a tárgy szisztematikus tanításáért. Az ábrázoló geometria angol változatainak a gyakorlati példák hiánya miatt nem volt sikere, s csak a 20. században kezdték a felsőoktatásban általánosan oktatni a tárgyat.³

Cunningham felismerte, hogy a rajzolásnak fontos szerepe van a mesteremberek munkájában. A 19. század elején a legtöbb műszaki rajzot mérnökök vagy mesterek készítették. A század közepére azonban megváltozott a helyzet és sokasodni kezdett a műszaki rajzoló tábor. Az ipar fejlődésével még népesebb tábor jött létre, a másolóké. Ebben az időben már nem volt elegendő a rajzokból egy példány, és a fénymásolás elterjedése előtt a rajzmásolók végezték a másolást.⁹

E. DAVIDSON 1870-ben kiadott könyve mesterek számára készült. A vetítés alkalmazását mutatja be a kőműves, asztalos és ácsmesterségben, valamint a fémmegmunkálásban. Könyvében teljesen új vonás, hogy nagy figyelmet szentel a szabadkézi rajzolásnak.

„Igen fontos, hogy egy szakember képes legyen felvázolni egy látott tárgyat, vagy le tudja rajzolni azt, amit el akar készíteni” – írta az előszóban. „Manapság, a nemzetközi kiállítások korában nem lehet túlbecsülni azt a lehetőséget, hogy külföldön vázlatokat készíthetünk szerkezetekről, szerzősokról, vagy egyéb érdekes dolgokról. Más országok rajzóinak képzése ebből a szempontból színvonalasabb. Hazai és külföldi kiállításokon gyakran lehet látni szakembereket vázlatfüzettel a kezükben, amint adatokat gyűjtenek, vázlatokat készítenek a kiállított tárgyakról. Az ilyen jegyzetek és vázlatok, bármilyen elnagyoltak is, nagyon hasznosak.”⁵



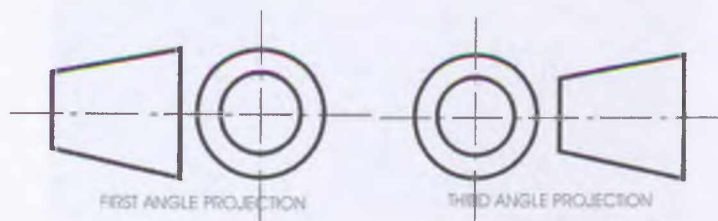
4. ábra. Fogbetétes fogaskerék rajza 1870-ből

Davidson szakkönyvének ábrái szabadkézi vázlatok, amint a fogbetétes fogaskerék rajzán láthatjuk. Davidson könyvében külön szolt arról, hogy a rajzmásolás korát már túlhaladták, és csak akkor tud valaki műszaki rajzot készíteni, ha tudja, hogy mit rajzol, ismeri a részek funkcióját és gyártástechnológiáját. Oktatási módszerként javasolta a „felvételezést”, vagyis, hogy a hallgatók készítsenek vázlatokat gépekről, modellekről és mérés alapján tüntessék fel a méreteket a rajzokon.

MŰSZAKI ÁBRÁZOLÁS ANGLIÁBAN ÉS AMERIKÁBAN

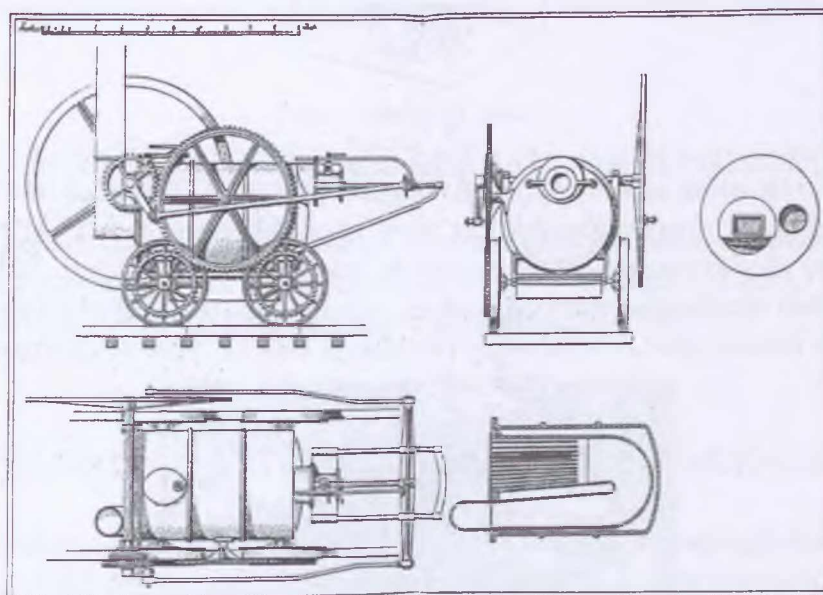
Amikor már sok műszaki rajz jutott át az Atlanti-óceánon, a rajzi konvenciók egyik legbosszantóbb különbsége a nézetek elrendezésében volt. Európában a „first angle” (európai) vetítés, Angliában, az USA-ban és Kanadában a „third angle” (amerikai) vetítés terjedt el.

Az 5. ábrán látható magyarázat egyben jelképpé vált, s gyakran jelenik meg a mai rajzokon is azzal a céllal, hogy felhívja a figyelmet a vetületelrendezés módjára. Ez különösen fontos a nemzetközi együttműködésben gyártott termékek rajzi dokumentációjának esetében a félreértelmezések elkerülése céljából.



5. ábra. Európai és amerikai nézetrend

Monge ábrázoló geometriája Európában megoldotta a vetületrendezés problémáját, Angliában azonban nem volt ilyen egyértelmű a helyzet.



6. ábra. Trevithick gőzmozdonyának rajza

TREVITHICK gőzmozdonyának 1804-ből származó rajzán törekedtek ugyan egy alapvonal megtartására az elől- és oldalnézetben, a nézetek elhelyezése mégsem logikus.

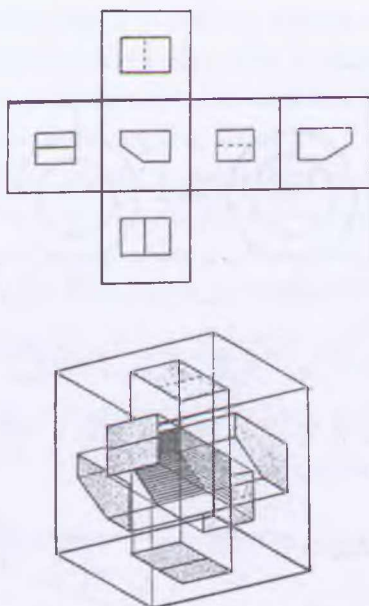
Amerika a 19. század első feléig iparilag lemaradt Európától, de ezután a fejlődés olyan méreteket öltött, melyek csak az angol ipari forradalomhoz hasonlíthatók. A külföldi látogatók az 1893-as *Chicago*-i nemzetközi vásáron megdöbbenve ébredtek országaik lemaradására.³

Mivel a rajzolóknak a gyakorlatban könnyebbnek találták az amerikai vetítést, ezt használták s egyáltalán nem törődtek az egységes ábrázolás szempontjával. Az oktatásban azonban vita keletkezett a nézetek elrendezéséről. A vitában azt vizsgálták, melyik elrendezést könnyebb rajzolni és, hogy az elrendezések elméletileg hogyan magyarázhatók.

JOSHUA ROSE az európai elrendezést a vetítéssel, míg az amerikai elrendezést a tárgynak a papíron való végig gurításával, lenyomtatásával magyarázta.¹³ Az utóbbi magyarázat PIETRO DEL BORGO elméletét idézi fel, aki a táblán keletkező nyomokról írt.

Hiába találtak elméletet az amerikai vetület-elrendezésre, a kérdés továbbra is nehézségeket okozott az oktatásban. Az ábrázoló geometriában a pontok, vonalak, síkok ábrázolását a Monge-féle vetületi elrendezésben tanították, testek ábrázolásában azonban az amerikai vetítést használ-

ták. Később már annyira elterjedt az amerikai vetítés, hogy a szakemberek szükségesnek látták újabb elmélettel igazolni álláspontjukat. Az új magyarázatot az *üvegdoboz modell* szolgáltatta.



7. ábra. Üvegdoboz modell

A doboz falain láthatjuk azokat a képeket, melyeket a tárgyról különböző irányokból látunk. A nézetek elrendezése úgy megy végbe, hogy az üvegdobozt felnyitjuk és falait kiterítjük. Az üveg-, illetve plexidoboz alkalmas szemléltető eszköznek bizonyult az oktatásban. Érdekes az is, hogy ez a modell vezetett el a hat összetartozó képhez, mivel a doboznak hat oldallapja volt. Az angol merőleges vetítés három képet eredményezett és Monge csak két nézetet alkalmazott.

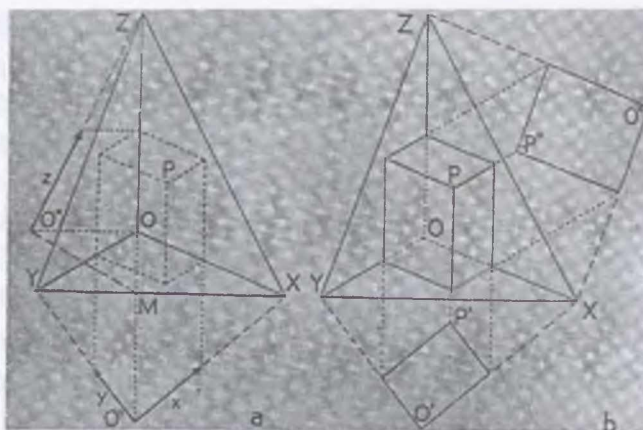
AZ AXONOMETRIKUS ÁBRÁZOLÁS ELŐTÉRBE KERÜLÉSE

Bár a gyakorlatban régebben is rajzoltak képies rajzokat különböző szerkezetekről, mint láttuk, az első szerkesztési eljárást Farish publikálta az izometrikus axonometriáról. Módszere azonban nem terjedt el, és csak az ipar erőteljes fejlődésének köszönhetően fordultak ismét az axonometrikus ábrázolás felé.

Németországban a hadiiparban olyan emberek foglalkoztatására is sor került, akiknek nem volt műszaki előképzettségük. Nehézségeket okozott, hogy ezek az emberek nem értették a vetületi rajzokat. Számukra a képies kép megértése lényegesen könnyebb volt.

SCHÜSSLER könyvében Descartes és Monge geometriájából indult ki, s a térben egy pont helyzetét három merőleges távolsággal határozta meg.¹⁴

Az „a” ábrán Schüssler módszerét láthatjuk, a „b” ábrán a valódi nagyság meghatározását, mely SCHMIDT-től származik.

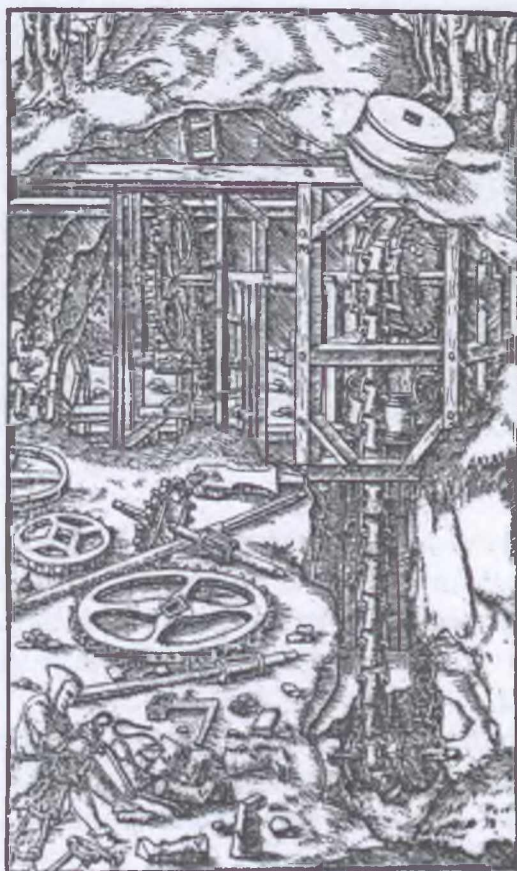


8. ábra. Axonometrikus ábrázolás Schüssler könyvében

Az amerikaiak az axonometrikus ábrák keletkezésének magyarázatában ismét fel tudták használni az üvegdoboz elméletét. A vetületi és axonometrikus ábrákkal létrejöttek a műszaki ábrák alapvető típusai. Azért, hogy teljesebb képet kapjunk a műszaki ábrázolás fejlődéséről, a következőkben egy további ábrázolási mód: a *műszaki illusztráció* kialakulásával, sajátosságaival foglalkozunk.

A MŰSZAKI ILLUSZTRÁCIÓ KIALAKULÁSA ÉS FEJLŐDÉSE

A középkorban készített rajzokon a képiesség a szerkezeti elemek általános elrendezésének bemutatását szolgálta. Érdekes példája a középkori műszaki illusztrációnak a 9. ábrán látható kép, mely GEORGIUS AGRICOLA „*De re metallica*” c. könyvéből származik 1556-ból.¹



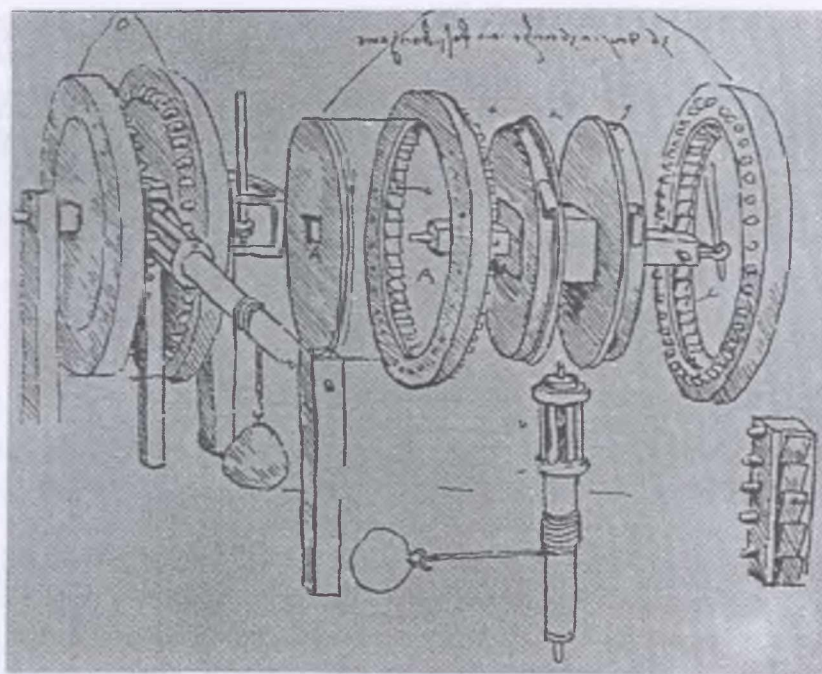
9. ábra. Illusztráció G. Agricola „*De re metallica*” c. könyvéből

A képen végtelenített láncajtást látunk. A vizet a láncszemekre szerelt vödörökkel szállították ki a bányákból. A láncot kézi erővel hajtották, áttételeken keresztül. Mivel mindez valójában a föld alatt volt, a rajzoló a metszetek egy fajtáját, mai kifejezéssel a „kitörést” alkalmazta az egyébként nem látható szerkezet alkatrészeinek megmutatására. Az alkatrészeket a földön szanaszét heverve egyenként is megfigyelhetjük.

A rajznak ez a része a „robbantott” ábra előde volt. (Robbantott ábrának nevezik a műszaki ábrázolásban az olyan rajzot, amelyben egy szerkezet alkatrészeit nem összeszerelve, hanem külön-külön mutatják meg a rajzon, úgy mintha az alkatrészek egy „robbanástól” éppen széjjelrepülnének.) A robbantott ábra kezdetben ilyen rendezetlen volt, s az alkatrészek összeszerelésének módjára csupán az alsó sarokban ülő alak ábrázolásával hívta fel a rajzoló a figyelmet. A rajzon látható jeleket az alkatrészek azonosításában, valamint a leírás hivatkozásaiban használták.

A középkor végén többen foglalkoztak a kor technikai rajzainak összegyűjtésével. A gyűjtemények közül talán legérdekesebbek Leonardo da Vinci jegyzetfüzetei. A jegyzetfüzetekből a vízgépészeti berendezésekkel és gépekkel foglalkozó füzetek joggal híresek, mivel a már ismert szerkezeteken kívül Leonardo da Vinci saját ötleteit is tartalmazzák.¹⁰

A 10. ábrán a *Codex Atlanticus*ból láthatunk egy képet, mely a milánói *Biblioteca Ambrosiana* tulajdona. Ezt az ábrát azért mutatják be ritkán, mert az ábrázolt szerkezet működése elég homályos. A műszaki illusztráció szempontjából azonban érdekes a rajz, mivel a korszerű illusztrációs technika módszereit alkalmazza.



10. ábra. Leonardo da Vinci rajza

Az ábra baloldalán az összeszerelt súlyhajtású motort láthatjuk, a jobb oldalon pedig a robbantott ábrán már rendezetten szerepelnek az alkatrészek egyenként, az összeszerelés tengelye irányában széthúzva. Érdekes megfigyelní az ügyes térkihasználást, melyet Leonardo da Vinci az egyes alkatrészek fedésével ért el, vigyázva arra, hogy a takarás ne legyen olyan mértékű, hogy az ábrázolás érthetőségét zavarja.

A műszaki illusztrációk az oktatási célú, illetve technikai ismereteket közlő írásokban a századok folyamán egyre tisztábbakká váltak. DIDEROT 18. századi *Enciklopédiájának* illusztrációin a tisztaság részben a rajzolóknak, részben a megváltozott technikának köszönhető, mivel a fametszetekről áttértek a fémmetszetekre.

A műszaki illusztráció a 19. század elején kezdett hanyatlani. A gépek alkatrészei egyre bonyolul-

tabbakká váltak, és ezért a gépek ábrázolásához nagy mennyiségű műszaki rajzra volt szükség. Ezek a rajzok azonban csak a műszaki rajzolásban jártas szakemberek számára voltak érthetőek.

Monge és Farish munkássága a 19. században háttérbe szorította a műszaki illusztráció fejlődését. A műszaki illusztrációk fejlesztésének majd csak a 20. század hozott újabb lendületet. Ekkor ugyanis a világháborúkban könnyen érthető műszaki illusztrációkat kellett készíteni, azért, hogy a képzetlen és szakképzetlen katonák képesek legyenek a fegyvereket a tisztítás vagy javítás után összeszerelni. A műszaki illusztrációk további széleskörű alkalmazását eredményezte a kereskedelemben az esztétikailag igényes prospektusok előállításának igénye. Tetszetős és könnyen érthető rajzokkal, műszaki illusztrációkkal kívántak kedvet ébresztetni a termékek megvásárlásához.

„A hosszú 19. század” a műszaki illusztrációk átmeneti hanyatlása ellenére, összességében óriási fejlődést hozott a műszaki ábrázolásban, különösképpen a vetületi és axonometrikus ábrázolás szabályainak megalkotásával. A műszaki ábrázolás e két fő típusa ma is meghatározó mind a műszaki gyakorlatban, mind a műszaki oktatás különböző szintjein és formáiban.

IRODALOM

- ¹ Agricola, Georgius: De re metallica. Basilea, 1556.
- ² Beregszászi Pál: A rajzolás tudományának kezdete. Debrecen, 1822.
- ³ Booker, P. J.: A history of engineering drawing. London, 1963.
- ⁴ Byd, W.: History of western education. London, 1921.
- ⁵ Davidson, Ellis: Drawing for machinists and engineers. London, 1870.
- ⁶ Dürer, Albrecht: Unterweysung der Messung. 1525.
- ⁷ Farish, William: On isometrical perspective. Cambridge Philosophical Society Transactions, 1822.).
- ⁸ Feldhaus, F. M.: Geschichte des technischen Zeichnens. Wilhelmshaven, 1959.
- ⁹ Klingender, F. D.: Art and the industrial revolution. London, 1947.
- ¹⁰ Leonardo da Vinci: Il Codice Atlantico. Róma, 1894.
- ¹¹ Monge G.: Géometrie descriptive. Paris, 1795.
- ¹² Palágyi Gábor: Karcolat a rajzolatról. Gép, XXVI. évf. 1974/2. 51-56.
- ¹³ Rose, J.: Mechanical drawing selftaught. Philadelphia, 1883.
- ¹⁴ Schüssler, R.: Ortogonale Axonometrie. Ein Lehrbuch zum Selbststudium. Leipzig & Berlin, 1907.
- ¹⁵ Szabóky Adolf: Ábrázoló mértan. Árnytan és távlat. Budapest, 1874.

A szerző címe:

Tóth Béláné egyet. tanár

Óbudai Egyetem Trefort Ágoston Mérnökpedagógiai Központ

toth.belane@tmpk.uni-obuda.hu